

## **Nachtrag zum "Zwischenbericht zur Freigabe von Zutrittslösungen auf der Basis vollständiger Freigabemessungen"**

Dr. R. Barthel, G. Hoppe, Dr. S. Wörlen  
Brenk Systemplanung GmbH, Aachen, 24.10.2008

### **1. Einleitung**

Für die standortbezogene Freigabe von gefassten Zutrittslösungen der Schachanlage Asse wurden in [1] insgesamt 47 Radionuklide bzw. Zerfallsketten in die nach §29(2) und Anlage III StrlSchV anzuwendende Summenformel einbezogen. Dies sind alle gemäß Tabelle 5.1 des GSF-Berichts [2], in der das Aktivitätsinventar der Schachanlage Asse zum Bezugsdatum 01.01.1980 aufgeschlüsselt nach Einlagerungskammern zusammengestellt ist, potentiell relevanten Radionuklide. Entsprechend dem zum Bezugsdatum 01.09.2008 berechneten Aktivitätsinventar wurden 9 der 54 Radionuklide der Tabelle 5.1 von [2] wegen ihres geringen Inventars ausgeschlossen. Dies betrifft Radionuklide, deren auf eine signifikante Stelle gerundeten Werte zur Gesamtaktivität aller LAW-Kammern unter  $10^9$  Bq liegen und deren Inventar in den drei südwestlichen Kammern der 750-m-Sohle (4, 8 und 10) summarisch unter  $10^8$  Bq liegt. Die Radionuklide Mo-93 und I-129 mit Aktivitätsinventaren von ca. 0,1 GBq bzw. 0,2 GBq wurden trotz Erfüllung dieses Kriteriums wegen ihrer potentiell hohen Mobilität nicht ausgeschlossen und in der Summenformel berücksichtigt. Außerdem wurden für die Summenformel auch Beiträge von Th-228<sub>+</sub> und Th-230 berechnet.

Im Ergebnis der vom Gutachter der Genehmigungsbehörde durchgeführten Prüfungen wurden wir mit [3] darauf hingewiesen, dass die Tabelle 5.1 des GSF-Berichts [2] gemäß der aktualisierten Datenbasis zum Aktivitätsinventar [4] im Hinblick auf die zurzeit in der Schachanlage Asse noch vorhandenen Radionuklide mit Inventaren im GBq-Bereich nicht vollständig ist.<sup>1</sup> Nach den auf der Basis von [4] durch den TÜV Nord durchgeführten Abschätzungen sind für folgende 5 Nuklide mit Halbwertszeiten von wenigen Jahren noch Aktivitäten in LAW-Kammern vorhanden, die nach dem obigen Kriterium hinsichtlich potentieller Auswirkungen auf die Freigabe gefasster Zutrittslösungen untersucht werden sollten:

**Fe-55, Cs-134, Pm-147, Eu-155 und Tl-204.**

Im vorliegenden Nachtrag zum Bericht [1] werden für diese 5 Radionuklide zunächst die mit [6] aktualisierten Inventardaten und daraus abgeleitete Relationen zum Aktivitätsinventar von Bezugsnukliden erläutert (siehe **Abschnitt 2**). In **Abschnitt 3** sind für die o. g. Radionuklide nachträglich berechnete Dosiskonversionsfaktoren und Freigabewerte zusammengestellt. Die Auswirkungen der Einbeziehung diese Radionuklide auf die Freigaberechnungen für gefasste Zutrittslösungen werden in **Abschnitt 4** dargestellt und diskutiert. Sie sind vernachlässigbar gering. Zur zitierten Literatur sei auf **Abschnitt 5** verwiesen.

---

<sup>1</sup> Es sei angemerkt, dass wir von der Existenz aktualisierter Inventardaten erst aus [3] erfahren haben. Die gemäß Tabelle 5-1 von [2] erfolgte Auswahl von potentiell relevanten Radionukliden und die für einzelne Radionuklide genutzten Relationen des Aktivitätsinventars zu Bezugsnukliden waren bereits im "Plan Probenahme- und Messprogramm" [5] dargelegt worden.

## 2. Aktivitätsinventare und Bezugnahme auf gemessene Radionuklide

Analog zur Tabelle 4-1 aus [1] sind in der nachfolgenden Tabelle 1 die Inventare für die fünf zusätzlichen Radionuklide und die jeweiligen Bezugsnuklide sowie resultierende Relationen der Aktivitätsinventare - bezogen auf die Summe aller LAW bzw. die in den Kammern 4, 8, und 10 eingelagerten LAW - zusammengestellt. Zur Vergleichbarkeit mit [1] wurde das dort gewählte aktuelle Bezugsdatum 01.09.2008 beibehalten. Generell ist anzumerken, dass mit [4]/[6] nicht nur einige weitere Radionuklide in die Datenbank aufgenommen wurden. Es wurden auch Korrekturen für das auf den 01.01.1980 bezogene Nuklidinventar vorgenommen. Das Ausmaß der Präzisierung ist z. B. durch den Vergleich der in der Tabelle 1 für die Bezugsnuklide Co-60, Cs-137 und Eu-154 genannten Aktivitätsinventare mit entsprechenden Werten in der Tabelle 4-1 von [1] ersichtlich. Die damit verbundene Inkonsistenz zwischen dem vorliegenden Nachtrag und dem Bericht [1] ist nicht substantiell und hat keine Auswirkungen auf Schlussfolgerungen zur Freigabe der gefassten Zutrittslösungen. Trotzdem dürfte es erforderlich sein, für den Endbericht alle Berechnungen und Tabellen an den aktuellen Stand [6] der Inventardaten anzupassen.

Tabelle 1: LAW-Inventar (Aktivität in Bq) für den 01.09.2008 und Relationen auf Bezugsnuklide

Nuklid	T <sub>1/2</sub> in a	alle LAW	Ka 4, 8, 10	Bezugsnuklid	Relation LAW	Relation Ka4,8,10
<b>Fe-55</b>	2,70	5,71E+10	6,03E+08	<b>Co-60</b>	<b>1,0E-02</b>	9,7E-03
<b>Co-60</b>	5,27	5,64E+12	6,20E+10			
<b>Cs-134</b>	2,06	4,07E+09	1,08E+07	<b>Cs-137</b>	<b>1,4E-04</b>	3,4E-06
<b>Cs-137</b>	30	2,89E+14	3,19E+12			
<b>Pm-147</b>	2,62	1,48E+11	6,42E+08	<b>Eu-154</b>	7,9E-02	<b>8,1E-02</b>
<b>Eu-154</b>	8,59	1,87E+12	7,89E+09			
<b>Eu-155</b>	4,96	2,08E+11	1,00E+09	<b>Eu-154</b>	1,1E-01	<b>1,3E-01</b>
<b>Tl-204</b> <sup>1)</sup>	3,78	5,81E+08	3,09E+08	<b>Cs-137</b>	n.b.	<b>4,6E-03</b>

<sup>1)</sup> Für Tl-204 basiert die Bezugnahme auf Cs-137 auf speziellen Betrachtungen, die von der rechnerischen Relation der Aktivitätsinventare abweichen (siehe Erläuterungen im Text).

Die Bezugnahmen von Fe-55 auf Co-60, von Cs-134 auf Cs-137 sowie von Eu-155 auf Eu-154 sind unter Berücksichtigung der Herkunft als Aktivierungs- bzw. Spaltprodukte und gleicher/ähnlicher chemischer Eigenschaften offensichtlich. Die Aktivitätsinventare in den einzelnen LAW-Kammern korrelieren gut, wie in Abbildung 1 beispielhaft für Fe-55 und Co-60 gezeigt.

Die Bezugnahme von Pm-147 auf Eu-154 basiert i. W. auf der chemischen Ähnlichkeit sowie der Korrelation der Aktivitätsinventare, die in Abbildung 2 gezeigt ist. Eine Besonderheit ist das relativ große Pm-147-Inventar der Kammer 2/750mS/Na2, das zur Berechnung der Regressionsgleichung in Abbildung 2 ausgeschlossen wurde. Pm-147 ist ein Spaltprodukt, dessen Inventar hauptsächlich aus WAK-Abfällen resultiert. Darüber hinaus wurde/wird Pm-147 durch Aktivierung von Nd-146 hergestellt und in diversen technischen Produkten (z. B. als Kalibrierquelle oder zur Messung der Stärke von Papier/Folie) eingesetzt. Das Inventar solcher Quellen geht aus den Abfallbegleitlisten zur Herkunft der Gebinde und den weiteren darin enthaltenen Radionukliden hervor. Diese Pm-147-haltigen Abfälle wurden insbesondere in die Kammer 2/750mS/Na2 eingelagert. Die in Tabelle 1 angegebenen Aktivitätsrelationen berücksichtigen auch diese Abfälle.

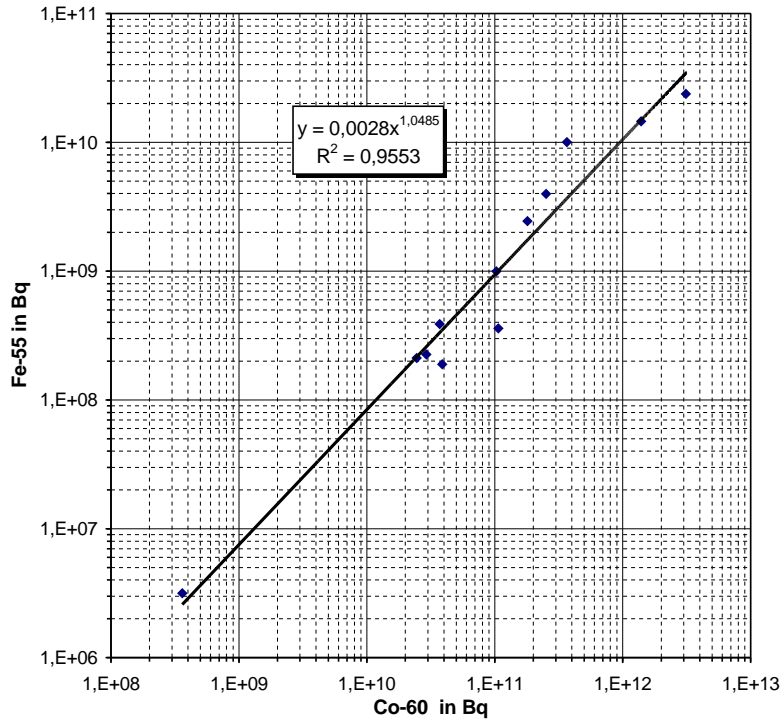


Abbildung 1: Korrelation der Aktivitätsinventare von Fe-55 mit Co-60 in LAW-Kammern

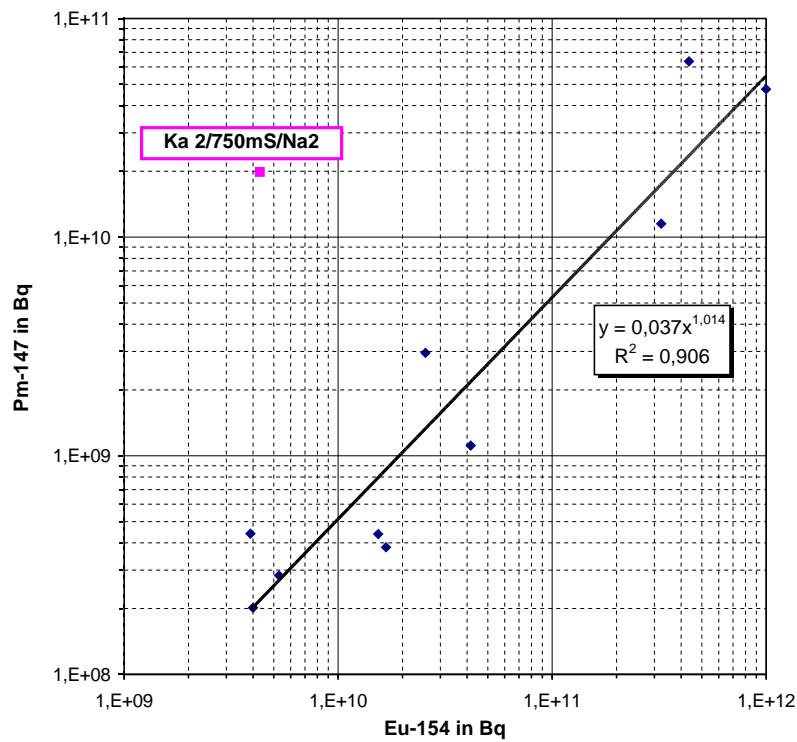


Abbildung 2: Korrelation der Aktivitätsinventare von Pm-147 mit Eu-154 in LAW-Kammern

Tl-204 ist ein  $\beta$ -Strahler (Halbwertszeit von 3,78 a; maximale Energie der freigesetzten Elektronen von 760 keV), der in kerntechnischen Anlagen praktisch keine Rolle spielt. Durch Aktivierung des stabilen Isotops Tl-203 wird Tl-204 jedoch als Strahlenquelle hergestellt, die insbesondere für die Lehre (Schulen, Universitäten), zur Kalibrierung von Messgeräten oder auch zur Messung der Dicke von Papier oder Folie eingesetzt wird/wurde. Für Tl-204 wurde in [2] kein Aktivitätsinventar ausgewiesen.

Die Prüfung der Begleitlisten der in die Schachanlage Asse eingelagerten LAW ergab zu diesem Sondernuklid für das Bezugsdatum 01.01.1980 ein Gesamtinventar von  $1,12 \cdot 10^{11}$  Bq, das sich i. W. nur in den Kammern 8 ( $5,93 \cdot 10^{10}$  Bq) und 2/Na2 ( $5,15 \cdot 10^{10}$  Bq) befindet. Abfälle mit sehr geringen Mengen an Tl-204 wurden auch in die Kammern 5 und 11 eingelagert. Zum o. g. Bezugsdatum enthielten sie aber nur Tl-204-Aktivitäten von  $3,8 \cdot 10^8$  Bq bzw.  $4,0 \cdot 10^8$  Bq [6]. Für die nachfolgende Betrachtung zur Festlegung eines Bezugsnuklids und einer diesbezüglich konservativen Relation des Tl-204-Inventars für das Bezugsdatum 01.09.2008 sind diese beiden Kammern nicht relevant.

Die Abbildungen 3 und 4 zeigen die Begleitlisten der in die Kammern 8 und 2/Na2 eingelagerten, bzgl. der Tl-204-Aktivität relevanten Chargen. Nach der in [2] dargelegten Vorgehensweise wurde die in Begeleitlisten angegebene Aktivität in gleichen Anteilen auf die deklarierten Radionuklide aufgeteilt. Für Th-232 in der Abfallart "Glühstrümpfe" wird einheitlich eine Aktivität von 3,6 mCi pro Gebinde eingesetzt; die deklarierte Gesamtaktivität wurde in solchen Gebinden vollständig auf die anderen ausgewiesenen Radionuklide umgelegt.

Für die in der Begleitliste 002139 aufgeführten 78 Fässer wurde demgemäß für das Datum der Erklärung (24.02.1975) eine Tl-204-Aktivität von  $78 \times 0,05$  Ci angesetzt (entspricht  $1,44 \cdot 10^{11}$  Bq). Durch den radioaktiven Zerfall von Tl-204 resultiert daraus für das Bezugsdatum 01.01.1980 eine Aktivität von  $5,93 \cdot 10^{10}$  Bq und für das Bezugsdatum 01.09.2008 eine Aktivität von  $3,09 \cdot 10^8$  Bq. Zur Prüfung der Plausibilität der deklarierten Radionuklide und des o. g. Ansatzes zur Umlegung der Gesamtaktivität auf deklarierte Radionuklide haben wir mit dem Programm MicroShield V6.02 die Beiträge zur Ortsdosisleistung berechnet, die im gegebenen Fall durch Cs-137 und Ba-133 bestimmt wird. Für die Außenseite der Fässer wurde eine Dosisleistung von 0,15 mGy/h berechnet. Dieser Wert stimmt relativ gut mit der auf der Begleitliste 002139 angegebenen Dosisleistung von 20 mrem/h überein. Der gegenüber dem Rechenwert etwas größere Messwert lässt darauf schließen, dass real eine etwas höhere Aktivität von Cs-137 und/oder Ba-133 vorlag. Insgesamt sind die Angaben jedoch plausibel und mit dem obigen Ansatz der Aktivitätsabschätzung verträglich. Als Bezugsnuklid für Tl-204 bietet sich Cs-137 an. Beide Elemente können in Lösung als einwertiges Kation eine hohe Mobilität aufweisen. Zur Bezugnahme von Tl-204 auf Cs-137 wird konservativ nur die in den 78 Fässern (nach Begleitliste 002139) in Kammer 8 befindliche Cs-137-Aktivität berücksichtigt. Für das Bezugsdatum 01.01.1980 sind dies mit  $1,29 \cdot 10^{11}$  Bq nur 4,6 % des gesamten für die Kammer 8 berechneten Aktivitätsinventars von  $2,8 \cdot 10^{12}$  Bq. Mit dem obigen Ansatz gleicher Werte der Cs-137- und der Tl-204-Aktivität der 78 Fässer zum Tag der Deklaration dieser Abfälle ergibt sich für das Bezugsdatum 01.09.2008 die in Tabelle 1 angegebene Aktivitätsrelation "Tl-204 zu Cs-137" von 0,0046.





# Brenk Systemplanung

Ingenieurgesellschaft für wissenschaftlich technischen Umweltschutz

002139

Begleitliste  
Zur Lagerung schwachradioaktiver Abfälle im Salzbergwerk Asse in Remlingen  
der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH - München

200 l Behälter				Beschreibung der Abfallstoffe			mittlere Aktivität Ci/Behälter	Maximale Dosisleistung (mrem/h)	
Lfd. Nr.	Art *)	Abfallkategorie **)	Dosisleistungskategorie ***)	Art des radioaktiven Abfalls (z.B. Filter, Papier, verfestigte Füllschlämme)	Art der Behandlung (z.B. Bindemittel)	Nuklide (ersatzweise Angabe, ob Alpha-, Beta-, Gammastrahler)		an der Außenseite	in 1 m Abstand
1	bis RB	200L	A+B	1	Glasbruch,	in Beton	Pm-147,	20	< 5
74					Glinshumpfe,		nahe ThO <sub>2</sub> ,		
75					Fällschlamm,		Cs-137, Tl-204		
78	bis RB	400L		gepresstes Papier		Ba-133			

Hiermit wird erklärt:

- Die Bedingungen für die Lagerung schwachradioaktiver Abfälle im Salzbergwerk Asse der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH - München sind eingehalten.
- Die Beförderung erfolgt durch: LKW  
Stenker u. Co. (Spektion)  
Strahlenschutzverantwortlicher:  
Schiewer  
Unterschrift

Anschrift des Ablieferers:  
Math-Mettler-Institut für Kernforschung-Berlin GmbH  
Bereich Kernchemie und Reaktor  
1 Berlin 39 - Glienicke Straße 100

Telefon (030) 8009294  
Berlin, den 24.2.75

Schiewer  
Rechtsverbindliche Unterschrift

Eventl. Rückfragen an: Molzer  
Sachbearbeiter

Gewünschter Ablieferungstermin: 12.3.75

Abkürzungen:

- \*1 BT = Bleedstrommel
- BB = Bleedstrommel abseitig mit 5 cm Beton ausgekleidet
- PS = Rollschleckerfass
- RB = Rollschleckerfass abseitig mit 3 cm Beton ausgekleidet
- RE = Rollschleckerfass
- RE = Rollschleckerfass nach 2e der Bedingungen
- \*\*1 Einteilung in Abfallkategorie A, B, C nach Anlage A der Bedingungen
- \*\*\*) Einteilung in Dosisleistungskategorie 1, 2, 3 nach Ziffer 3 der Bedingungen

Raum für Vermerke der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH - München

Der Ablieferung der oben beschriebenen schwachradioaktiven Abfallstoffe wird zugestimmt.  
Die Abfallstoffe müssen am 11.3.75 ab 6<sup>00</sup> Uhr an der Schachtanlage Asse angeliefert werden.

Remlingen, den 28.2.75

Widmann  
Unterschrift

Abbildung 3: Begleitliste 002139 mit Tl-204-haltigen Abfällen; Einlagerung in Kammer 8; [6]

119 Na2 002955

Begleitliste  
Zur Lagerung schwachradioaktiver Abfälle im Salzbergwerk Asse in Remlingen  
der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH - München

Behälter				Beschreibung der Abfälle			mittlere Aktivität (einschl. Kernbrennstoffe) Ci/Behälter	Maximale Dosisleistung (mrem/h)	
Lfd. Nr.	Art des Behälters 1)	Abfallkategorie 2)	Gewicht 3)	Art des radioaktiven Abfalls (z.B. Filter, Papier, verfestigte Füllschlämme)	Art der Behandlung (z.B. Bindemittel)	Nuklide (ersatzweise Angabe, ob Alpha-, Beta-, Gammastrahler)		an der Außenseite	in 1 m Abstand
32	c	F	< 700	1	Lab-Abfall	Teil-Mikroanalyse Vielblei	Ro 226	10,010	15 4
33	c	C'	< 700	1	Lab-Abfall	betoniert	Bi 214	0,011	0,1 0
34-37	c	F	< 700	1	Lab-Abfall	-	Bi 214	0,010	3 0,3
38-61	c	F	< 700	1	Lab-Abfall	-	Bi 214, Pb 214, Po 214, Po 210, Po 212	0,0003	< 0,5 0
62-67	c	F	< 700	1	Lab-Abfall	-	Bi 214, Pb 214, Po 214, Po 210, Po 212	0,010	0,1 0
68-102	c	F	< 700	1	Lab-Abfall	-	Bi 214, Pb 214, Po 214, Po 210, Po 212	0,001	0,1 0
103	c	B	< 700	1	Lab-Abfall	betoniert	Bi 214, Pb 214	0,004	< 0,1 0
104-109	c	F	< 700	1	Lab-Abfall	-	Bi 214, Pb 214, Po 214, Po 210, Po 212	0,0001	< 0,1 0
110	e	C	< 700	1	Lab-Abfall	betoniert	Bi 214, Pb 214, Po 214, Po 210, Po 212	60	100 10
111-118	c	F	< 700	1	Lab-Abfall	-	Bi 214, Pb 214, Po 214, Po 210, Po 212	0,003	< 0,1 0
119	c	F	< 700	1	Lab-Abfall	-	Bi 214	0,110 <sup>6</sup>	< 0,1 0
120	c	F	< 700	1	Emulator	betoniert	Ro 226	10,010	10 5

Hiermit wird erklärt:

- Die Bedingungen für die Lagerung schwachradioaktiver Abfälle im Salzbergwerk Asse der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH - München sind eingehalten.
- Die Beförderung erfolgt durch: Bundesbahn  
Strahlenschutzverantwortlicher:  
i.v. Maier, F.  
Unterschrift

Anschrift des Ablieferers:  
Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung  
Sammelstelle für rad. Abfälle  
Neuheberg, Ungarstädter Straße 1

Telefon 089/38761233  
Neuheberg, den 5.1.1978

i.v. Maier, F.  
Rechtsverbindliche Unterschrift

Eventl. Rückfragen an: Maier  
Sachbearbeiter

Gewünschter Ablieferungstermin: 23.1.1978

Abkürzungen:

- 1) Kennbuchstabe aus Ziff. 2 der Bedingungen
- 2) Einteilung in Abfallkategorie A, B, C nach Anlage I der Bedingungen
- 3) Einteilung für: Fässer: ≤ 700 kg; ≤ 125 l  
Betonabsch.: ≤ 2,5 t; ≤ 5,0 t
- 4) Einteilung in Dosisleistungskategorie 1, 2, 3, 4 nach Ziff. 3 der Bedingungen

Raum für Vermerke der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH - München

Der Ablieferung der oben beschriebenen schwachradioaktiven Abfälle wird zugestimmt.  
Die Abfälle müssen am \_\_\_\_\_ um \_\_\_\_\_ Uhr an der Schachtanlage Asse angeliefert werden.

Remlingen, den \_\_\_\_\_

Widmann  
Unterschrift

Abbildung 4: Begleitliste 002955 mit Tl-204-haltigen Abfällen; Einlagerung in Kammer 2/Na2; [6]

Zu dem in die Kammer 2/Na2 eingelagerten Tl-204-haltigen Abfall ist festzustellen, dass die Angaben der Begleitliste 002955 (siehe Abbildung 4) offenbar nicht korrekt sind. Für den Behälter mit der Lfd. Nr. 110 wurden nur die Radionuklide Sr-90, Pm-147 und Tl-204 deklariert. Mit der zum 05.01.1978 deklarierten Gesamtaktivität von 6 Ci wurde in [6] für dieses Gebinde nach Umlage der Aktivität auf 3 Radionuklide eine Tl-204-Aktivität von  $5,14 \cdot 10^{10}$  Bq zum Bezugsdatum 01.01.1980 berechnet. Die auf der Begleitliste ausgewiesene Dosisleistung an der Behälterfläche von 100 mrem/h ist aber mit der Deklaration enthaltener Radionuklide ( $\beta$ -Strahler mit geringer  $\gamma$ -Strahlung) und ihrer Aktivität nicht kompatibel. Berechnungen (mit MicroShield V6.02) ergeben bei Ansatz gleicher Aktivität der drei Radionuklide eine Dosisleistung von 0,014 mGy/h. Der Unterschied zur deklarierten Dosisleistung beträgt fast zwei Größenordnungen. Er könnte durch ein entsprechend höheres Aktivitätsinventar, durch die Existenz nicht deklarerter  $\gamma$ -Strahler oder durch eine fehlerhafte Angabe zur Messung der  $\gamma$ -Dosisleistung verursacht sein. Da der Einlagerungsort dieses Gebindes (Kammer 2/Na2) für eine hypothetische Kontamination von Zutrittslösungen mit Tl-204 unwahrscheinlich ist (plausibel auszuschließen, siehe Abschnitt 2.2 in [1]) und außerdem die Deklarationen auf der relevanten Begleitliste 002955 nicht nachvollziehbar sind, wurde das in der Kammer 2/Na2 vorhandene Tl-204-Inventar nicht zur Auswahl eines Bezugsnuklids und Ableitung einer entsprechenden Relation der Aktivitätsinventare herangezogen.

### 3. Berechnung von Dosiskonversionsfaktoren und Freigabewerten

Für das Szenario 1 (Tankwagenfahrer) wurden für die fünf zusätzlich betrachteten Radionuklide analog zur Tabelle 4-3 von [1] Dosiskonversionsfaktoren  $h_1$  berechnet, die in Tabelle 2 aufgeführt sind.

Tabelle 2: Dosiskonversionsfaktoren  $h_1$  in (Sv/a)/Bq/l für das **Szenario 1** (Tankwagenfahrer)

Nuklid	Fe-55	Cs-134	Pm-147	Eu-155	Tl-204
$h_1$	nicht relevant	4,4E-08	2,8E-14	2,4E-10	2,3E-12

In Tabelle 3 sind die für das Szenario 2 (Grundwassernutzung über Brunnen) berechneten Dosiskonversionsfaktoren  $h_2$  zusammengefasst (analog zur Tabelle 4-4 von [1]). Der nach Altersgruppen maximale Dosiskonversionsfaktor ist jeweils fett hervorgehoben. In den Tabellen 4 bis 8 sind für die 5 zusätzlichen Radionuklide die Ergebnisse detailliert (aufgeschlüsselt nach den Beiträgen der einzelnen Teilszenarien und Expositionspfade, analog zu Anhang B von [1]) aufgeführt.

Tabelle 3: Dosiskonversionsfaktoren  $h_2$  zum **Szenario 2** (Grundwassernutzung über Brunnen mit den Teilszenarien Trinkwasser (T), Viehtränke (V), Beregnung (B)); in (Sv/a)/(Bq/l)

Nuklid(e)	<1a(mM)	<1a(oMM)	>1-2a	>2-7a	>7-12a	>12-17a	>17a
<b>Fe-55</b>	4,93E-09	<b>6,77E-09</b>	2,73E-09	3,73E-09	2,98E-09	2,41E-09	1,16E-09
<b>Cs-134</b>	4,17E-08	2,93E-08	3,07E-08	4,30E-08	5,61E-08	8,67E-08	<b>9,22E-08</b>
<b>Pm-147</b>	1,92E-09	<b>2,93E-09</b>	1,76E-09	1,45E-09	1,04E-09	6,58E-10	6,04E-10
<b>Eu-155</b>	2,33E-09	<b>3,54E-09</b>	2,08E-09	1,69E-09	1,27E-09	8,38E-10	7,54E-10
<b>Tl-204</b>	<b>5,67E-08</b>	1,56E-08	1,66E-08	1,70E-08	1,25E-08	8,72E-09	7,64E-09

Tabelle 4: Dosiskonversionsfaktoren  $h_2$  zum Szenario 2 für Fe-55, in (Sv/a)/(Bq/l)

Teilszenario	Expositionspfad	<1a(mMM)	<1a(oMM)	>1-2a	>2-7a	>7-12a	>12-17a	>17a
<b>T = Trink-</b> wasser								
	TW	8,36E-10	3,26E-09	4,80E-10	3,40E-10	3,30E-10	3,08E-10	2,30E-10
	MM	1,17E-10	-	-	-	-	-	-
	<b>Summe</b>	<b>9,53E-10</b>	<b>3,26E-09</b>	<b>4,80E-10</b>	<b>3,40E-10</b>	<b>3,30E-10</b>	<b>3,08E-10</b>	<b>2,30E-10</b>
<b>V = Vieh-</b> tränke								
	Milch	1,54E-11	1,54E-11	1,73E-11	1,22E-11	8,42E-12	5,88E-12	1,93E-12
	Fleisch	1,12E-10	1,12E-10	9,22E-11	2,52E-10	2,12E-10	1,82E-10	8,78E-11
	MM	4,54E-11	-	-	-	-	-	-
<b>Summe</b>	<b>1,73E-10</b>	<b>1,28E-10</b>	<b>1,09E-10</b>	<b>2,64E-10</b>	<b>2,20E-10</b>	<b>1,88E-10</b>	<b>8,97E-11</b>	
<b>B =</b> Beregnung								
	Milch	7,38E-11	7,38E-11	8,28E-11	5,88E-11	4,04E-11	2,82E-11	9,26E-12
	Fleisch	5,40E-10	5,40E-10	4,42E-10	1,21E-09	1,01E-09	8,74E-10	4,22E-10
	Blattgemüse	1,69E-10	1,69E-10	1,07E-10	8,82E-11	7,34E-11	6,28E-11	3,18E-11
	Pflanzen o. Bl.	2,60E-09	2,60E-09	1,50E-09	1,77E-09	1,31E-09	9,50E-10	3,76E-10
	MM	4,24E-10	-	-	-	-	-	-
<b>Summe</b>	<b>3,81E-09</b>	<b>3,38E-09</b>	<b>2,14E-09</b>	<b>3,13E-09</b>	<b>2,43E-09</b>	<b>1,91E-09</b>	<b>8,39E-10</b>	
<b>Szenario 2</b>								
<b>TVB</b>	<b>Summe</b>	<b>4,93E-09</b>	<b>6,77E-09</b>	<b>2,73E-09</b>	<b>3,73E-09</b>	<b>2,98E-09</b>	<b>2,41E-09</b>	<b>1,16E-09</b>

Tabelle 5: Dosiskonversionsfaktoren  $h_2$  zum Szenario 2 für Cs-134, in (Sv/a)/(Bq/l)

Teilszenario	Expositionspfad	<1a(mMM)	<1a(oMM)	>1-2a	>2-7a	>7-12a	>12-17a	>17a
<b>T = Trink-</b> wasser								
	TW	2,86E-09	1,12E-08	3,20E-09	2,60E-09	4,20E-09	7,60E-09	1,33E-08
	MM	3,00E-09	-	-	-	-	-	-
	<b>Summe</b>	<b>5,86E-09</b>	<b>1,12E-08</b>	<b>3,20E-09</b>	<b>2,60E-09</b>	<b>4,20E-09</b>	<b>7,60E-09</b>	<b>1,33E-08</b>
<b>V = Vieh-</b> tränke								
	Milch	8,78E-10	8,78E-10	1,92E-09	1,56E-09	1,78E-09	2,42E-09	1,85E-09
	Fleisch	5,74E-10	5,74E-10	9,18E-10	2,88E-09	4,02E-09	6,72E-09	7,56E-09
	MM	2,12E-09	-	-	-	-	-	-
<b>Summe</b>	<b>3,57E-09</b>	<b>1,45E-09</b>	<b>2,84E-09</b>	<b>4,44E-09</b>	<b>5,80E-09</b>	<b>9,14E-09</b>	<b>9,41E-09</b>	
<b>B =</b> Beregnung								
	Milch	4,28E-09	4,28E-09	9,36E-09	7,60E-09	8,70E-09	1,18E-08	9,04E-09
	Fleisch	2,80E-09	2,80E-09	4,48E-09	1,40E-08	1,96E-08	3,28E-08	3,68E-08
	Blattgemüse	5,86E-10	5,86E-10	7,22E-10	6,84E-10	9,48E-10	1,57E-09	1,86E-09
	Pflanzen o. Bl.	8,98E-09	8,98E-09	1,01E-08	1,37E-08	1,68E-08	2,38E-08	2,18E-08
	MM	1,57E-08	-	-	-	-	-	-
<b>Summe</b>	<b>3,23E-08</b>	<b>1,66E-08</b>	<b>2,47E-08</b>	<b>3,60E-08</b>	<b>4,60E-08</b>	<b>7,00E-08</b>	<b>6,95E-08</b>	
<b>Szenario 2</b>								
<b>TVB</b>	<b>Summe</b>	<b>4,17E-08</b>	<b>2,93E-08</b>	<b>3,07E-08</b>	<b>4,30E-08</b>	<b>5,61E-08</b>	<b>8,67E-08</b>	<b>9,22E-08</b>

Tabelle 6: Dosiskonversionsfaktoren  $h_2$  zum Szenario 2 für Pm-147, in (Sv/a)/(Bq/l)

Teilszenario	Expositionspfad	<1a(mMM)	<1a(oMM)	>1-2a	>2-7a	>7-12a	>12-17a	>17a
<b>T = Trink-</b> wasser								
	TW	3,96E-10	1,55E-09	3,80E-10	1,92E-10	1,71E-10	1,28E-10	1,82E-10
	MM	4,14E-11	-	-	-	-	-	-
	<b>Summe</b>	<b>4,37E-10</b>	<b>1,55E-09</b>	<b>3,80E-10</b>	<b>1,92E-10</b>	<b>1,71E-10</b>	<b>1,28E-10</b>	<b>1,82E-10</b>
<b>V = Vieh-</b> tränke								
	Milch	4,86E-13	4,86E-13	9,12E-13	4,60E-13	2,90E-13	1,63E-13	1,01E-13
	Fleisch	1,33E-11	1,33E-11	1,83E-11	3,54E-11	2,74E-11	1,89E-11	1,73E-11
	MM	3,96E-12	-	-	-	-	-	-
<b>Summe</b>	<b>1,77E-11</b>	<b>1,38E-11</b>	<b>1,92E-11</b>	<b>3,59E-11</b>	<b>2,77E-11</b>	<b>1,91E-11</b>	<b>1,74E-11</b>	
<b>B =</b> Beregnung								
	Milch	2,32E-12	2,32E-12	4,36E-12	2,20E-12	1,39E-12	7,80E-13	4,84E-13
	Fleisch	6,36E-11	6,36E-11	8,74E-11	1,70E-10	1,31E-10	9,04E-11	8,28E-11
	Blattgemüse	8,00E-11	8,00E-11	8,44E-11	4,98E-11	3,80E-11	2,60E-11	2,50E-11
	Pflanzen o. Bl.	1,23E-09	1,23E-09	1,19E-09	9,98E-10	6,74E-10	3,94E-10	2,96E-10
	MM	9,18E-11	-	-	-	-	-	-
<b>Summe</b>	<b>1,46E-09</b>	<b>1,37E-09</b>	<b>1,36E-09</b>	<b>1,22E-09</b>	<b>8,44E-10</b>	<b>5,11E-10</b>	<b>4,04E-10</b>	
<b>Szenario 2</b>								
<b>TVB</b>	<b>Summe</b>	<b>1,92E-09</b>	<b>2,93E-09</b>	<b>1,76E-09</b>	<b>1,45E-09</b>	<b>1,04E-09</b>	<b>6,58E-10</b>	<b>6,04E-10</b>

Tabelle 7: Dosiskonversionsfaktoren  $h_2$  zum Szenario 2 für Eu-155, in (Sv/a)/(Bq/l)

Teilszenario	Expositionspfad	<1a(mMM)	<1a(oMM)	>1-2a	>2-7a	>7-12a	>12-17a	>17a
<b>T = Trink-</b> wasser								
	TW	4,72E-10	1,85E-09	4,40E-10	2,20E-10	2,04E-10	1,60E-10	2,24E-10
	MM	4,94E-11	-	-	-	-	-	-
	<b>Summe</b>	<b>5,21E-10</b>	<b>1,85E-09</b>	<b>4,40E-10</b>	<b>2,20E-10</b>	<b>2,04E-10</b>	<b>1,60E-10</b>	<b>2,24E-10</b>
<b>V = Vieh-</b> tränke								
	Milch	5,80E-13	5,80E-13	1,06E-12	5,28E-13	3,46E-13	2,04E-13	1,25E-13
	Fleisch	1,60E-11	1,60E-11	2,12E-11	4,10E-11	3,28E-11	2,38E-11	2,14E-11
	MM	4,76E-12	-	-	-	-	-	-
<b>Summe</b>	<b>2,13E-11</b>	<b>1,66E-11</b>	<b>2,23E-11</b>	<b>4,15E-11</b>	<b>3,31E-11</b>	<b>2,40E-11</b>	<b>2,15E-11</b>	
<b>B =</b> Beregnung								
	Milch	2,82E-12	2,82E-12	5,14E-12	2,58E-12	1,69E-12	9,94E-13	6,08E-13
	Fleisch	7,80E-11	7,80E-11	1,04E-10	1,99E-10	1,60E-10	1,16E-10	1,04E-10
	Blattgemüse	9,60E-11	9,60E-11	9,82E-11	5,74E-11	4,56E-11	3,28E-11	3,10E-11
	Pflanzen o. Bl.	1,50E-09	1,50E-09	1,41E-09	1,17E-09	8,24E-10	5,04E-10	3,72E-10
	MM	1,12E-10	-	-	-	-	-	-
<b>Summe</b>	<b>1,79E-09</b>	<b>1,68E-09</b>	<b>1,61E-09</b>	<b>1,43E-09</b>	<b>1,03E-09</b>	<b>6,54E-10</b>	<b>5,08E-10</b>	
<b>Szenario 2</b>								
<b>TVB</b>	<b>Summe</b>	<b>2,33E-09</b>	<b>3,54E-09</b>	<b>2,08E-09</b>	<b>1,69E-09</b>	<b>1,27E-09</b>	<b>8,38E-10</b>	<b>7,54E-10</b>



Tabelle 8: Dosiskonversionsfaktoren  $h_2$  zum Szenario 2 für Tl-204, in (Sv/a)/(Bq/l)

Teilszenario	Expositionspfad	<1a(mMM)	<1a(oMM)	>1-2a	>2-7a	>7-12a	>12-17a	>17a
<b>T = Trink-</b> wasser								
	TW	1,43E-09	5,58E-09	1,70E-09	8,40E-10	7,50E-10	6,00E-10	8,40E-10
	MM	4,98E-09	-	-	-	-	-	-
	<b>Summe</b>	<b>6,41E-09</b>	<b>5,58E-09</b>	<b>1,70E-09</b>	<b>8,40E-10</b>	<b>7,50E-10</b>	<b>6,00E-10</b>	<b>8,40E-10</b>
<b>V = Vieh-</b> tränke								
	Milch	1,75E-10	1,75E-10	4,08E-10	2,02E-10	1,27E-10	7,64E-11	4,68E-11
	Fleisch	3,86E-10	3,86E-10	6,56E-10	1,25E-09	9,66E-10	7,12E-10	6,42E-10
	<b>Summe</b>	<b>4,64E-09</b>	<b>5,61E-10</b>	<b>1,06E-09</b>	<b>1,45E-09</b>	<b>1,09E-09</b>	<b>7,88E-10</b>	<b>6,89E-10</b>
<b>B =</b> Beregnung								
	Milch	1,08E-09	1,08E-09	2,50E-09	1,24E-09	7,82E-10	4,68E-10	2,86E-10
	Fleisch	2,36E-09	2,36E-09	4,02E-09	7,64E-09	5,92E-09	4,36E-09	3,94E-09
	Blattgemüse	3,40E-10	3,40E-10	4,46E-10	2,56E-10	1,96E-10	1,44E-10	1,36E-10
	Pflanzen o. Bl.	5,68E-09	5,68E-09	6,82E-09	5,62E-09	3,80E-09	2,36E-09	1,75E-09
	<b>Summe</b>	<b>4,57E-08</b>	<b>9,46E-09</b>	<b>1,38E-08</b>	<b>1,48E-08</b>	<b>1,07E-08</b>	<b>7,33E-09</b>	<b>6,11E-09</b>
<b>Szenario 2</b>								
<b>TVB</b>	<b>Summe</b>	<b>5,67E-08</b>	<b>1,56E-08</b>	<b>1,66E-08</b>	<b>1,70E-08</b>	<b>1,25E-08</b>	<b>8,72E-09</b>	<b>7,64E-09</b>

Die Dosiskonversionsfaktoren  $h_3$  zum Szenario 3 (Oberflächenwassernutzung aus Vorfluter) mit den fünf Teilszenarien Trinkwasser (T), Fischverzehr (F), Viehtränke (V), Beregnung (B) und Aufenthalt auf Ufersediment (U) wurden analog zu den Berechnungen in Abschnitt 4.2.3 von [1] für die fünf im vorliegenden Nachtrag untersuchten Radionuklide berechnet. Die Tabelle 9 fasst die Ergebnisse für den Fall des Standortes Mariagluck mit einem Verdünnungsfaktor im Vorfluter von  $f_V = 4000$  zusammen (vgl. Tabelle 4-5 in [1]). Der nach Altersgruppen maximale Dosiskonversionsfaktor ist wieder fett hervorgehoben.

 Tabelle 9: Dosiskonversionsfaktoren  $h_3$  zum Szenario 3 (Oberflächenwassernutzung aus dem Vorfluter mit den Teilszenarien T, F, V, B und U) für den Standort Mariagluck; in (Sv/a)/(Bq/l)

Nuklid(e)	<1a(mM)	<1a(oMM)	>1-2a	>2-7a	>7-12a	>12-17a	>17a
<b>Fe-55</b>	6,41E-10	<b>8,65E-10</b>	3,74E-10	4,90E-10	3,96E-10	3,19E-10	1,57E-10
<b>Cs-134</b>	1,63E-08	1,27E-08	1,46E-08	1,46E-08	1,72E-08	2,25E-08	<b>2,58E-08</b>
<b>Pm-147</b>	2,42E-10	<b>3,69E-10</b>	2,26E-10	1,84E-10	1,33E-10	8,40E-11	7,75E-11
<b>Eu-155</b>	7,68E-10	<b>9,17E-10</b>	7,25E-10	6,08E-10	5,27E-10	4,13E-10	3,77E-10
<b>Tl-204</b>	<b>3,26E-08</b>	4,73E-09	1,29E-08	7,50E-09	6,34E-09	4,29E-09	4,79E-09

Die Dosiskonversionsfaktoren zum Szenario 3 unterscheiden sich von den Angaben aus Tabelle 9

- für den Standort Hope um den Faktor  $4000/1400 = 2,86$  und
- für den Standort Salzdettfurth um den Faktor  $4000/4800 = 0,833$ .

Analog zu der in Abschnitt 4.3 von [1] erläuterten Vorgehensweise wurden für die fünf zusätzlich betrachteten Radionuklide Freigabewerte  $C_F$  berechnet, die in Tabelle 10 zusammengestellt sind. Mit  $C_G$  sind wieder die Freigrenzen zur Aktivitätskonzentration, die sich aus den Freigrenzen zur spezifischen Aktivität Anlage III Tabelle 1 Spalte 3 der StrlSchV bei einer Dichte der Salzlösungen von ca.  $1,2 \text{ g/cm}^3$  ergeben, bezeichnet. Der Freigabewert  $C_F$  zur Aktivitätskonzentration von Asse-Salzlösungen ergibt sich dann als das Minimum der für die drei Szenarien berechneten Aktivitätskonzentrationen  $C_S$  ( $S = 1$  bis  $3$ ). Um das Freigabeverfahren so zu vereinfachen, dass für alle drei betrachteten Standorte von gleichen Freigabewerten ausgegangen werden kann, wurden die zum Szenario 3 resultierenden standortabhängigen Aktivitätskonzentrationen  $C_{3,\text{Hope}}$ ,  $C_{3,\text{Mariagluck}}$  und  $C_{3,\text{Salzdetfurth}}$  gemeinsam in den Vergleich mit den für die Szenarien 1 und 2 berechneten Aktivitätskonzentrationen einbezogen. Die Freigabewerte dürfen nicht über den Freigrenzen liegen.

Tabelle 10: Berechnung von Freigabewerten  $C_F$  für Salzlösungen auf Basis konservativ für die Szenarien 1 bis 3 berechneter Dosiskonversionsfaktoren; **in Bq/l** (auf zwei Stellen gerundete Werte)

Nuklid(e)	$C_G$	$C_1$	$C_2$	$C_{3,\text{Hope}}$	$C_{3,\text{Mariagluck}}$	$C_{3,\text{Salzdetfurth}}$	$C_F$
<b>Fe-55</b>	1,2E+07	irrelevant	<b>1,5E+03</b>	4,0E+03	1,2E+04	1,4E+04	<b>1.500</b>
<b>Cs-134</b>	1,2E+04	2,3E+02	<b>1,1E+02</b>	1,4E+02	3,9E+02	4,7E+02	<b>110</b>
<b>Pm-147</b>	1,2E+07	3,6E+08	<b>3,4E+03</b>	9,5E+03	2,7E+04	3,3E+04	<b>3.400</b>
<b>Eu-155</b>	1,2E+05	4,1E+04	<b>2,8E+03</b>	3,8E+03	1,1E+04	1,3E+04	<b>2.800</b>
<b>Tl-204</b>	1,2E+07	4,4E+06	1,8E+02	<b>1,1E+02</b>	3,1E+02	3,7E+02	<b>110</b>

Aus Tabelle 10 ist ersichtlich, dass die Freigabewerte hauptsächlich durch das Szenario 2 (Grundwasser) bestimmt werden. Eine Ausnahme stellt für die hier betrachteten fünf Radionuklide jedoch Tl-204 dar, dessen Freigabewert von 110 Bq/l durch das Szenario 3 am Standort Hope bestimmt wird. Die Ursache ist der für dieses Radionuklid relativ hohe Dosisbeitrag durch das Teilszenario Fischverzehr, der für Hope durch den relativ (verglichen mit den anderen Standorten) kleinen Verdünnungsfaktor im Vorfluter (Grindau, siehe Tabelle 3-1 in [1]) maßgeblich wird.

#### 4. Ergebnisse der Freigaberechnungen

Mit den obigen Berechnungen lässt sich die Frage, ob die Berücksichtigung der fünf Radionuklide Fe-55, Cs-134, Pm-147, Eu-155 und Tl-204 zu Korrekturen der in [1] dargelegten Ergebnisse der Freigaberechnungen (siehe Anhang F und Tabelle 7-1 in [1]) führt, klar mit "nein" beantworten. An dieser Stelle wird auf eine detaillierte Berechnung/Darstellung der Beiträge der fünf zusätzlichen Radionuklide zur Summenformel für die verschiedenen Messpunkte, die zur Freigabe gefasster Zutrittslösungen relevant sind (bzw. sein könnten) verzichtet. Dies erfolgt im Endbericht. Hier wird stattdessen vereinfacht eine abdeckende, bzgl. der Summe der Beiträge der fünf Radionuklide zur Summenformel sehr konservative Berechnung vorgenommen.

Mit dem Index  $r$  sei eines der zusätzlich betrachteten Radionuklide bezeichnet; der Index  $b$  wird für das jeweilige Bezugsnuklid verwendet. Mit  $RAI_{r,b}$  wird der in Tabelle 1 angegebene Wert der relevanten Relation der Aktivitätsinventare (dies ist der in den Spalten 6 bzw. 7 von Tabelle 1 fett

hervorgehobene Wert.) bezeichnet.  $BSu_b$  sei der Beitrag des Bezugsnuklids  $b$  zur Summenformel, wie in Anhang F von [1] für alle potentiell relevanten Messpunkte angegeben. Mit den Freigabewerten  $C_{F;b}$  für das Bezugsnuklid  $b$  (aus Tabelle 4-6 von [1]) bzw.  $C_{F;r}$  für das zusätzlich betrachtete Radionuklid (aus Tabelle 10 des vorliegenden Nachtrags zum Zwischenbericht [1]) wird der Beitrag  $BSu_r$  des Radionuklids  $r$  zur Summenformel über die folgende Gleichung berechnet:

$$BSu_r = BSu_b \cdot RAI_{r;b} \cdot \frac{C_{F;b}}{C_{F;r}} \tag{1}$$

Vereinfachend werden nachfolgend nicht die für jede Messstelle berechneten Werte  $BSu_b$  genutzt, sondern es wird für die drei hier relevanten Bezugsnuklide Co-60, Cs-137 und Eu-154 (siehe Tabelle 1) der maximale Werte aller Messpunkte angesetzt. Diese Werte sind:

$$\begin{aligned} \max BSu_{Co-60} &= 3,10E-03 \text{ (MP}_{39}\text{);} \\ \max BSu_{Cs-137} &= 3,27E-02 \text{ (MP}_{QN}\text{);} \\ \max BSu_{Eu-154} &= 1,15E-03 \text{ (MP}_{22}\text{).} \end{aligned} \tag{2}$$

Es ist offensichtlich, dass sich aus Gl. (1) infolge Ersetzens der messpunktspezifischen Werte  $BSu_b$  durch die maximalen Werte aus Gl. (2) für die Summe der Beiträge  $BSu_r$  zur Summenformel eine erhebliche Konservativität ergibt, weil die maximalen Werte  $\max BSu_b$  unterschiedliche Messpunkte betreffen und weil die Beiträge der Bezugsnuklide zur Summenformel an den entscheidenden Messpunkte für gefasste Zutrittslösungen erheblich unter den Maximalwerten aus Gl. (2) liegen. In der Tabelle 11 sind die Ergebnisse nach Gl. (1) mit konservativem Ansatz der Werte aus Gl. (2) zusammengefasst. In der letzten Spalte dieser Tabelle sind maximalen Beiträge der Radionuklide  $r$  zur Summenformel mit  $\max BSu_r$  bezeichnet.

Tabelle 11: Maximale Beiträge  $\max BSu_r$  der 5 zusätzlichen Radionuklide ( $r$ ) zur Summenformel

Nuklid $r$	Bezugsnuklid $b$	$\max BSu_b$	$RAI_{r;b}$	$C_{F;b}$	$C_{F;r}$	$\max BSu_r$
<b>Fe-55</b>	Co-60	3,10E-03	1,00E-02	84	1500	1,74E-06
<b>Cs-134</b>	Cs-137	3,27E-02	1,40E-04	150	110	6,24E-06
<b>Pm-147</b>	Eu-154	1,15E-03	8,10E-02	260	3400	7,12E-06
<b>Eu-155</b>	Eu-154	1,15E-03	1,30E-01	260	2800	1,39E-05
<b>Tl-204</b>	Cs-137	3,27E-02	4,60E-03	150	110	2,05E-04

Aus Tabelle 11 ist ersichtlich, dass die fünf zusätzlich betrachteten Radionuklide Fe-55, Cs-134, Pm-147, Eu-155 und Tl-204 keine relevanten Beiträge zur Summenformel liefern. Selbst wenn man konservativ vereinfacht die Summe der in der letzten Spalte von Tabelle 11 angegebenen Werte ansetzt, ergibt sich mit  $2,3 \cdot 10^{-4}$  ein Wert, der sich auf die Ergebnisse der Freigaberechnungen von [1] nicht auswirkt. Somit kann abschließend festgestellt werden: **Die Berücksichtigung der fünf zusätzlich untersuchten Radionuklide bewirkt keine Korrekturen der in [1] für die Freigabe gefasster Zutrittslösungen nach Anlage III StrlSchV berechneten Werte der Summenformel.**

## 5. Literatur

- [1] BRENK SYSTEMPLANUNG GMBH  
Standortbezogene Freigabe von Zutrittslösungen aus der Schachtanlage Asse – Zwischenbericht zur Freigabe von Zutrittslösungen auf der Basis vollständiger Freigabemessungen (Gutachten)  
Aachen, 12.10.2008
- [2] GSF – FORSCHUNGSZENTRUM FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT  
Bestimmung des nuklidspezifischen Aktivitätsinventars der Schachtanlage Asse (Abschlussbericht)  
München, August 2002
- [3] TÜV NORD ENSYS HANNOVER GMBH & CO. KG  
GSF-Bericht / Nuklidinventare (E-Mail an BS und HZM)  
Hannover, 15. Oktober 2008
- [4] HELMHOLTZ ZENTRUM MÜNCHEN  
Datenbank "ASSEKAT", Version 9.1. vom August 2008
- [5] BRENK SYSTEMPLANUNG GMBH  
Plan Probenahme- und Messprogramm (Entwurf), Standortbezogene Freigabewerte für Salzlösungen aus der Schachtanlage Asse - Einzelfall einer Verbringung in die Grube Mariagluck  
Aachen, 27.08.2008 (1. Ergänzung in der Beratung auf der Schachtanlage am 28.08.08, weitere Ergänzungen zum Stand vom 12.09.08, 23.09.08 und 30.09.08)
- [6] HELMHOLTZ ZENTRUM MÜNCHEN  
Zusammenstellung der aktuellen Daten zum Radionuklidinventar der Schachtanlage Asse für das Bezugsdatum 01.01.1980, Datenbank "ASSEKAT", Version 9.2 vom Oktober 2008